

УДК 658.5:519.8

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

*С.А. Шереметьев, А.Н. Ветров*

Проведенный анализ деятельности АСУ водоснабжающих предприятий (ВП) и комплексов (ВК) показал, что управление традиционно осуществляется на принципах функционального подхода. В настоящее время трендом повышения эффективности системы управления признан процессный подход.

Система управления, основанная на принципах процессного подхода, предполагает декомпозицию процесса водоснабжения на основные процессы (процессы 1=го уровня) и процессы более низких уровней. На основе процессов 1-го уровня производится дальнейшая декомпозиция, с выделением процессов, детализирующих процесс 1=го уровня (процессы 2=го и 3=го уровней и т. д.). Процессный подход применим к деятельности любого уровня. Внутри каждого процесса уровня может существовать цепочка взаимосвязанных работ, которая отображается в виде технологической карты. Проведенный нами анализ деятельности ВП позволил выделить процессы 1-го уровня, к которым относятся: планово-предупредительный ремонт, надзор за состоянием и содержанием сети, текущий ремонт и профилактическое обслуживание, капитальный ремонт трубопроводов и оборудования сети, реконструкция трубопроводов и аварийно-восстановительный ремонт, обследование режимов функционирования сети, обеспечение электрозащиты, надзор за строительством и приемка в эксплуатацию новых сетей и абонентских вводов, учет подачи и реализации воды.

На основе иерархии процессов была построена иерархическая модель процесса деятельности ВП в виде дерева факторов. Иерархический принцип построения дерева факторов предполагает задание и контроль измеримых параметров деятельности водоснабжающего предприятия. Дерево факторов представляет собой компонент для просмотра иерархии факторов и работы с ними. В дереве факторов представлены интегральные и конечные факторы. Интегральные или корневые факторы содержат факторы более низкого уровня. Конечные факторы не содержат в себе факторов и обозначены листами с загнутым правым углом. Используя дерево факторов, можно оценить влияние нижележащих факторов на корневой. После сбора и обработки информация о показателях деятельности предприятия заносится в базу данных информационно-аналитической системы «Инфоаналитик» в виде данных о состоянии факторов иерархического дерева факторов.

Разработанная иерархическая модель взаимосвязи факторов является исходной базой для преобразования исходной информации в обобщающие показатели, характеризующие состояние процесса водоснабжения, и для построения на их основе прогнозов развития текущей ситуации. Анализ модели деятельности предприятия, построенной в виде дерева факторов, позволяет достоверно оценить состояние конкретных факторов, влияющих на деятельность предприятия (в определенный период в динамическом развитии, с интерпретацией тенденции); а также состояние деятельности предприятия в целом и состояние некоторых основных процессов; работать с информацией о состоянии факторов, представленной в числовой, лингвистической и других формах; работать с неполной, неточной, недостоверной информацией, что особенно важно в динамичных условиях деятельности водоснабжающего предприятия; получать новые знания в виде рекомендаций, выводов, альтернатив, сценариев развития событий, когнитивных образов, оценок степени влияния факторов; иметь оценку рисков ошибочных решений.

Использование данной технологии описано на примере оценки качества проведения этапов планово-предупредительного ремонта сети (ППР), который является одним из важнейших процессов предприятия. Работы, осуществляемые по ППР, подразделяются

а) на техническое обслуживание, включающее обходы и осмотры трасс и колодцев (плановые и внеплановые) и профилактические работы (заранее планируемые, без разборки основных узлов оборудования и агрегатов);

б) ремонтные работы – текущий ремонт.

Обходы городской водопроводной сети составляют основу надзора за состоянием и сохранностью сети и включают как осмотры трасс трубопроводов, без спуска людей в колодцы, так и осмотр колодцев и камер с проверкой технического состояния (разгонка задвижек) и действия арматуры и оборудования. При этом основная информация для принятия управленческих решений в ППР содержится в заполняемых журналах учета и контроля. Однако в настоящее время в практике водохозяйственных предприятий эти потоки информации не формализованы, не объединены с данными технических контрольных измерений и не вовлечены в процесс технического мониторинга состояния сети. А так как технические измерения производятся нерегулярно, то по сути режим мониторинга состояния сети на основе технических систем и измерительных приборов практически отсутствует. В работе предлагается методика мониторинга состояния сети в виде последовательности этапов ППР с интеграцией и использованием всех видов информации (измерительной и журнальной) для повышения качества получаемых оценок и управленческих решений и снижения уровня неопределенности, а следовательно, повышения наблюдаемости и управляемости состоянием сети.

В соответствии с выбранной методикой описания процессов 3-го уровня сформированы схемы каждого выделенного ранее процесса. При этом все выполняемые функции привязаны к конкретным подразделениям или отделам предприятия, ответственным за качество их исполнения.

Алгоритмы получения оценок состояния сети основаны на технологиях регуляризирующего байесовского подхода (РБП) в виде байесовских интеллектуальных измерений (БИИ). Для каждого показателя качества проведения этапа ППР разработаны системы шкал с динамическими ограничениями (ШДО), на которых получают оценки качества реализации этапов ППР в режиме мониторинга состояния сети.

С точки зрения процессного подхода информация о ходе процесса является ресурсом. Потребителями являются вышестоящий руководитель и взаимодействующие процессы и подразделения, поэтому форма предоставления информации должна быть максимально понятной и простой для анализа и сопоставления. Система показателей должна охватывать качественные (оценки руководителей, оценки специалистов, прочие субъективные оценки) и количественные (технические показатели, показатели стоимости, показатели времени, план /факт, факт/факт соответствующего периода прошлого года и др.) показатели процесса.

Для того чтобы сравнить оценки показателей процессов в определенные периоды времени и иметь возможность оценить процесс на основе процессов более низкого уровня, вся информация по показателям вводилась в информационную систему «Инфоаналитик». Информация представлялась в виде числовых и лингвистических данных. Для оценок показателей эксперты (руководители и специалисты) могли выбрать процентные и балльные шкалы оценивания. Оценки каждого вида показателей путем байесовской свертки по модифицированной формуле Байеса интегрировались с другими видами. В результате работы алгоритма были получены как оценки показателей этапов ППР, так и оценки качества проведения этих этапов.

Ниже на рисунке приведены результаты оценки показателя ППР.

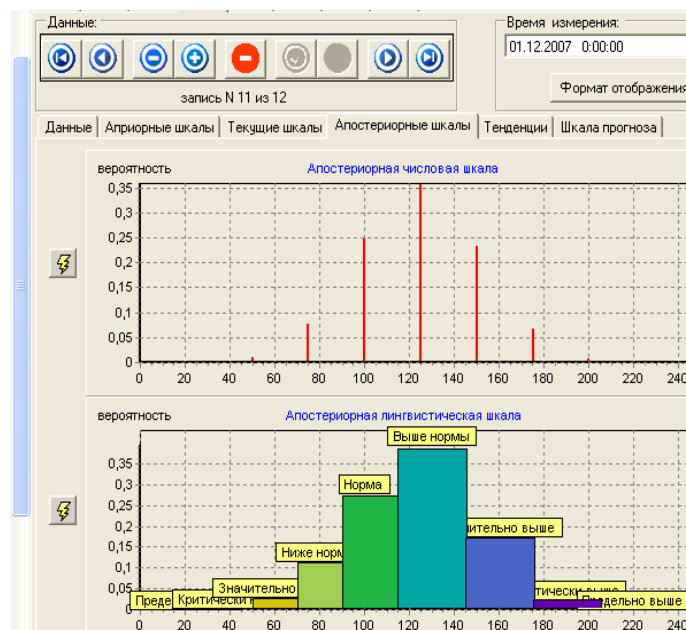
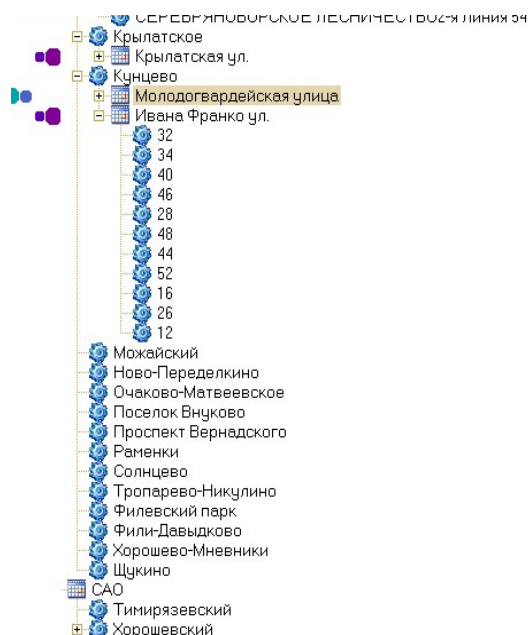


Рисунок. Пример оценки показателя ППР на основе ШДО

Справа на рисунке показаны числовая и лингвистическая шкалы для оценки показателя проведения этапа ППР.

В качестве информационных потоков данных рассматривались результаты измерений средствами информационно-измерительных систем; данные статистической отчетности, анкетирования или учета; результаты моделирования, расчетные данные, результаты функциональных преобразований (трансформированные экспериментальные данные) измерительной или вычислительной информации; физические константы; картографическая, видео-, аудио-, экспертная, фактологическая информация.

Степень неопределенности потоков данных, априорные знания о них и ограничения представлялись совокупностью условий интеграции потоков  $Q_I^{(0)}$ ,  $Q_i$ .

$$X_I^{(0)} | Q_I^{(0)} = *_{i=1}^I X_i | Q_i - X_{I-1}^{(0)} | * X_I | Q_I.$$

Свертка информации о значении элемента  $x_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, I$  производится по модифицированной формуле Байеса для дискретных законов распределения гипотез в виде  $\mu$ -функций (лингвистическая шкала БИИ для обработки нечисловой, качественной информации) или распределения вероятностей (числовая шкала БИИ для обработки количественной информации). Вероятность решения (гипотезы о состоянии объекта, значении параметра или подобное) вычисляются по формуле

$$\mu(h_{kj}^{0\lambda} | h_{kj}^0 | X_I^0 | Q_I^0) = \frac{\mu(h_{kij}^\lambda | h_{kij} | x_{ij} | X_i | Q_i) \circ \mu(h_{k,i+1,j}^\lambda | x_{i+1,j} | X_{i+1} | Q_{i+1})}{\sum_{i=1}^k \mu(h_{l,i+1,j}^\lambda | h_{l,i+1,j} | x_{i+1} | X_{i+1} | Q_{i+1})},$$

где  $h_{kj}^{(0)}$  – интегральная (для совокупности потоков информации  $X_I^{(0)}$ ) регуляризирующая байесовская оценка (РБО);  $h_{kij}$  – РБО для  $X_i$  потока данных,

Метрологическое обоснование каждого типа информационных потоков  $X_i$  ведется в соответствии с разработанной формализованной методической базой метрологии БИИ и принципами преобразования комплексов метрологических характеристик [1, 2], которые включают показатели точности, надежности (уровней ошибок 1-го и 2-го рода) и байесовской достоверности. Свертка комплексов метрологических характеристик  $\{MX\}_{kij}$  РБО  $h_{kij}$  выполняется в соответствии с выражением

$$\{MX\}_{kj} = *_{i=1}^I \{MX\}_{kij} | X_I^{(0)} | Q_I^0.$$

Закон распределения общей погрешности  $f(h_{kj})$  определения интегральной числовой оценки значения физической величины для БИТ-технологий определяется как композиция законов распределения погрешностей  $\mathbf{f}(\mathbf{h}_{kij})$  определения РБО  $h_{kij}$  для отдельных потоков данных в виде их свертки:

$$f(\Delta h_{kj}) = *_{i=1}^I f(\Delta h_{ij}) | X_I^{(0)} | Q_I^0.$$

Для интеграции лингвистических РБО  $h_{kij}$  в БИТ-технологиях применяется модифицированная формула Байеса для свертки функций принадлежности.

В заключение отметим, что разработанная информационная технология создания модели предприятия водоснабжающего комплекса на основе процессного подхода и байесовских интеллектуальных технологий в программной среде «Инфоаналитик» позволяет производить измерения показателей и получать оценки проведения этапов ППР на основе неполной и неточной информации как измерительного, так и экспертного типа, путем объединения этих данных в общий информационный поток и их совместного использования для повышения достоверности оценок. Разработанная система дает возможность для любого предприятия данного профиля создавать систему менеджмента качества и поддерживать ее в рабочем состоянии, реализуя на ней режимы мониторинга водоснабжающего комплекса и управления предприятием в условиях значительной информационной неопределенности.

#### **Библиографический список**

1. Прокопчина, С.В. Организация измерительных процессов в условиях неопределенности. Регуляризирующий байесовский подход / С.В. Прокопчина // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM–98, 22–26 июня 1998, СПб., 1998, т. 1. С. 30–44.
2. Прокопчина, С.В. Байесовские интегрирующие технологии на основе интеллектуальных и мягких измерений / С.В. Прокопчина // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM–99. СПб., 1999, т. 1. С. 51–67.